

Висновки: 1. Запропонована технологія виготовлення сухаря гасника коливань пасажирського вагону є суттєво новою, не передбаченою традиційними технічними рішеннями [6]. 2. Запропонована технологія забезпечує підвищення якості деталей, що обумовлено кращою макроструктурою штампованки. 3. Запропонована технологія дає суттєві техніко-економічні переваги по відношенню до традиційних способів виготовлення сухарів.

Список літератури: 1. Соколов М.М., Варава В.И., Левит Г.М. Гасители колебаний подвижного состава: Справочник. – М.: Транспорт, 1988. 2. Губачева Л.О. Надійність транспортних засобів.- Навчальний посібник – Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009.-93с. 3. Патент UA 52304 B61F 5/00, бюл. №16, 2010 р. 4. Голубенко О.Л., Губачева Л.О., Євстратов В.О., Мокроусов С.Д., Щербаков В.П. Удосконалення конструкції фрикційного гасника коливань пасажирського вагона / Вісник СНУ ім. В. Даля. Науковий журнал №12 (168) ч.1, 2011. С.58-62. 5. Євстратов В.О. Про деякі забобони в обробленні металів тиском / Вестник национального технического университета ХПИ, №43, 2010. С.98-107 6. Ковка и штамповка: Справочник в 4-х томах. Том 2. Горячая объемная штамповка. Под ред. Е.И.Семенова. – М.: Машиностроение, 1986.

УДК.621.983

В. Л. КАЛЮЖНИЙ, докт. техн. наук, проф.; НТУУ "КПІ", Київ

А. С. ЗАПОРОЖЧЕНКО, асп.; НТУУ "КПІ", Київ

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО РАДІУСУ ЗАОКРУГЛЕННЯ ПУАНСОНА ДЛЯ ПРОЦЕСУ ХОЛОДНОГО ВИТЯГУВАННЯ З ПОПЕРЕДНЬО СПРОФІЛЬОВАНИХ ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВОК

Методом конечных элементов проведено моделирование холодной вытяжки с предварительно профилированной листовой заготовки из стали 08кп с использованием программного комплекса Deform 3D и определены конечные размеры изделия, силовые параметры процесса, напряженно-деформированное состояние изделия при формообразовании. Найден оптимальный радиус пуансона для получения изделия максимальной глубины.

Методом скінченних елементів проведено моделювання холодного витягування з попередньо спрофільованої листової заготовки зі сталі 08кп з використанням програмного комплексу Deform 3D та знайдені кінцеві розміри виробу, силові параметри процесу, напружено-деформований стан виробу при формоутворенні. Визначений оптимальний радіус пуансону для отримання виробу максимальної глибини.

The simulation of cold drawing from preformed workpiece made of steel 08kp was carried out by finite element method with application of DEFORM software package. Final dimensions of product, power conditions of process, mode of deformations of product during forming were determined. The optimal radius of punch for obtaining of maximum depth was found.

Стрімкий розвиток науки і техніки змушує створювати нові та вдосконалювати вже існуючі технології виробництва деталей холодним листовим штампуванням. Листове штампування широко застосовується для виготовлення деталей, які використовуються у системах вентиляції. Номенклатура виробів вентиляційних систем дуже широка, але найбільш складною деталлю з точки зору

виготовлення є виріб типу «сідло» для з'єднання тонкостінних оцинкованих труб однакових та різних діаметрів (рис. 1). В Україні деталі такого типу виготовляють формовкою двох половин із оцинкованих листових заготовок та з'єднують їх фальцевим швом. Виготовлення деталей за такою технологією досить складне і займає багато часу. Тому було розглянуто можливість виготовлення цільної заготовки з використанням операцій холодного листового штампування, зокрема гнуттям, витягуванням, пробиванням отвору в витягнутій частині та подальшим відбортуванням для отримання максимальної висоти деталі.

Визначення параметрів гнуття і відбортування листової заготовки не визивають складнощів. Самою складною операцією є витягування з попередньо зігнутої з відповідним радіусом вихідної круглої листової заготовки. Одним з визначальних параметрів цього процесу є радіус заокруглення пуансона. В літературі [1-2] практично відсутні дані по визначенню радіуса заокруглення пуансона при витягуванні з попередньо зігнутої заготовки.

Метою роботи є визначення оптимального радіусу заокруглення пуансона при витягуванні з листової заготовки, яка попередньо зігнута з відповідним радіусом. Вирішення такої задачі вимагає чіткого прогнозування впливу радіуса заокруглення пуансона на закономірність формозміни листового матеріалу під час подальшого витягування.

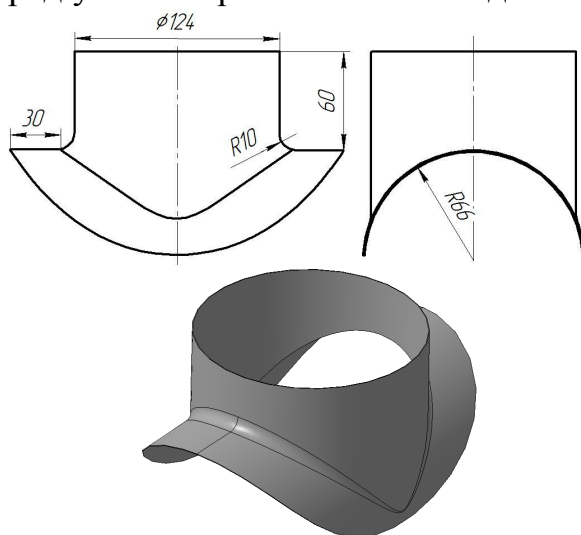


Рис.1 Деталь «сідло»

Для врахування конструктивних (геометрія пуансона, матриці, притискача), технологічних (геометрична форма заготовки, коефіцієнт витягування, швидкість деформування, тип змащення) і фізико-механічних (пружні властивості, діаграма істинних напружень, діаграма пластичності металу заготовки) параметрів було запропоновано створення скінченно-елементної моделі формоутворення

виробу гнуттям і подальшим витягуванням.

Рекомендований радіус заокруглення пуансона R для даної конфігурації заготовки знаходиться у межах від 6 мм до 12 мм [1]. Матеріал листової заготовки із сталі 08кп товщиною 0,7 міліметрів (мм) і діаметром 240 мм, який був визначений розрахунковим шляхом з умови постійності площ виробу і заготовки. Використовували пружно-пластичну модель для металу, що деформується. Модуль Юнга $2,1 \cdot 10^5$ МПа, коефіцієнт Пуассона 0,3. Діаграму істинних напружень апроксимували залежністю $\sigma_s = \sigma_{0,2} + k \cdot \varepsilon^n$ (тут $\sigma_{0,2}$ – умовна межа текучості, ε – ступінь деформації, k і n – коефіцієнти, які визначали по експериментальній діаграмі істинних напружень). Враховане тертя на контактуючих поверхнях по закону Кулона (коефіцієнт тертя $\mu=0,08$).

Швидкість деформування складала 2 мм/с. Процеси гнуття і подальше витягування розподіляли на певну кількість кроків навантаження, що дозволяє визначити початок руйнування при формоутворенні. Моделювання проводили з використанням програмного комплексу Deform 3D.

Кінцева геометрія заготовки після гнуття по радіусу 66 мм (див. рис. 1.) зображена на рис. 2. Після моделювання процесу гнуття, проводили розрахунковий аналіз процесу витягування до початку руйнування заготовки. Критерієм початку руйнування слугувало досягнення ступеня використання ресурсу пластичності ψ значення рівного одиниці. На рис. 3 зображена заготовка після витягування на початку руйнування при витягуванні.

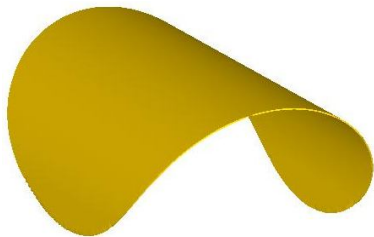


Рис. 2. Заготовка після гнуття

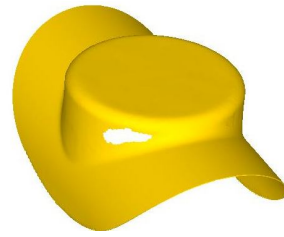


Рис. 3. Заготовка після витягування

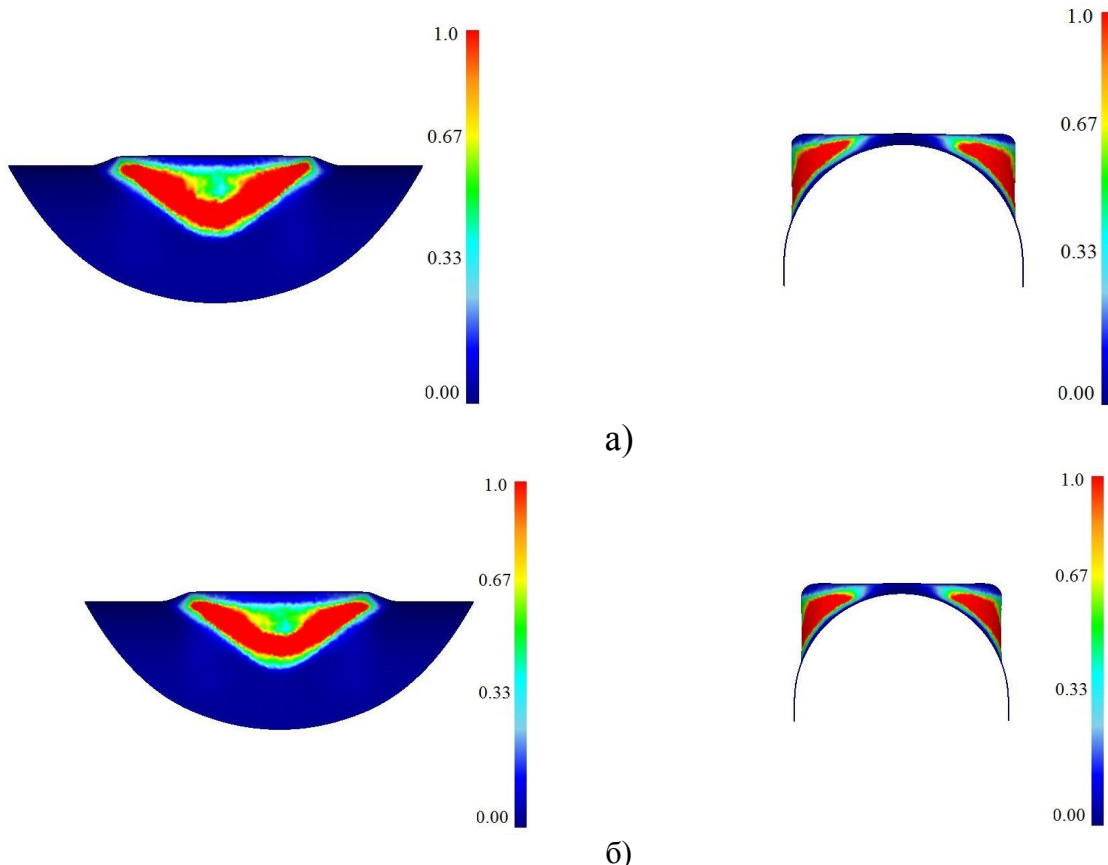


Рис. 4. Розподіл ступеня використання ресурсу пластичності при витягуванні пуансонами з радіусом заокруглення $R=6$ мм (а) і $R=8$ мм (б).

Руйнування починається в стінці зі сторони більшого фланця заготовки. Розподіл ступеня використання ресурсу пластичності по об'єму zdeформованої заготовки при витягуванні пуансонами з різним радіусом пуансона R показаний на рис. 4 і 5. На рисунках зображена zdeформована заготовка в двох проекціях.

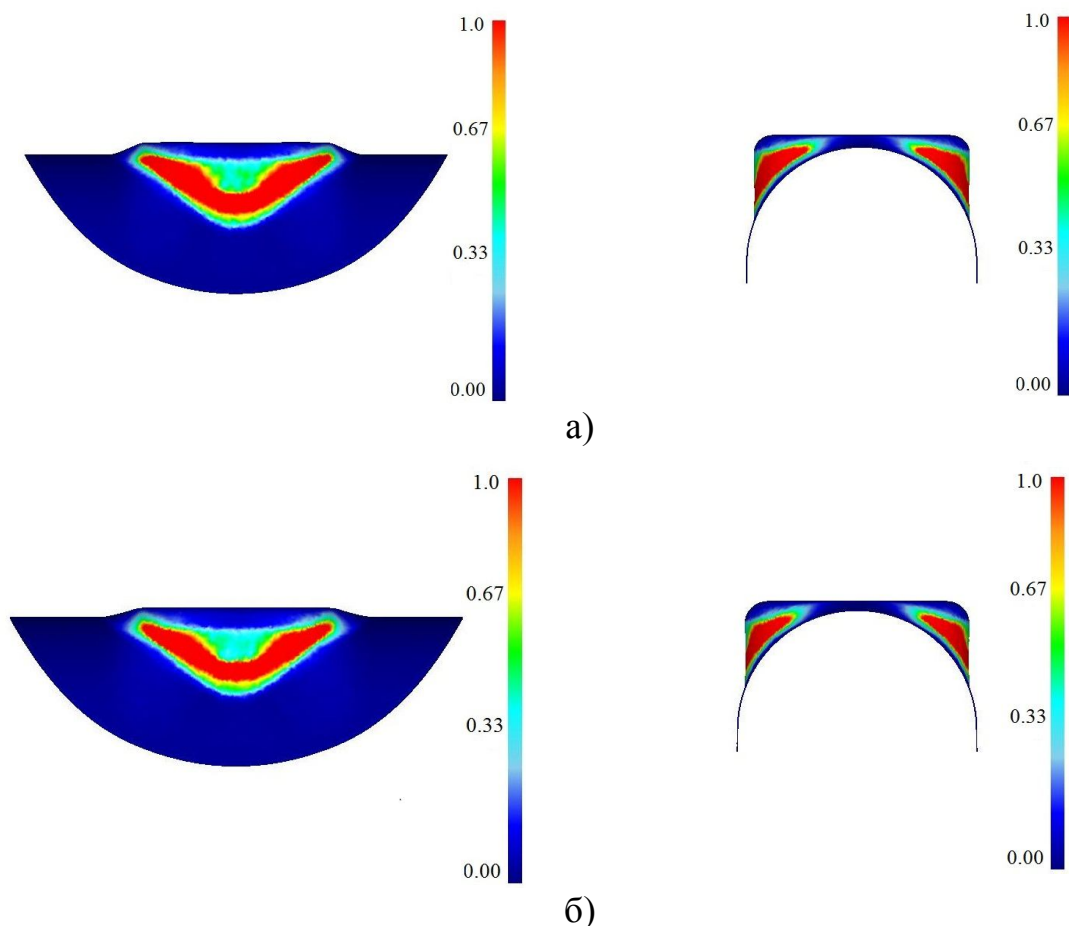


Рис. 5. Розподіл ступеня використання ресурсу пластичності при витягуванні пуансонами з радіусом заокруглення $R=10$ мм (а) і $R=12$ мм (б).

Середнє значення використання ресурсу пластичності у витягнутій частині заготовки знаходиться у межах $\psi = 0,38-0,5$. На границі переходу меншого фланця у більший спостерігається максимум використання ресурсу пластичності по заготовці і досягає величини $\psi = 1$, це пояснює початок руйнування заготовки саме у цьому місці. Вищенаведена картина спостерігається на заготовці, яка досягла максимально допустимого ступеню деформації.

Максимальна глибина виробу досягнута при використанні пуансона з радіусом заокруглення $R=10$ мм, тому аналіз розподілу інтенсивності напружень σ_i та інтенсивності деформацій ε_i проведемо саме для цього випадку.

В силу симетрії розглянемо четверту частину заготовки.

Розподіл інтенсивності напружень σ_i зображений на рис. 6. В донній частині деталі інтенсивність напружень в межах 150-290 МПа, в радіусній частині біля дна близько 340 МПа, в циліндричній частині σ_i змінюється від 450 МПа зі сторони більшого фланця до $\sigma_i=560$ МПа зі сторони меншого, на радіусі переходу циліндричної частини у фланець σ_i досягає максимальної величини 510 МПа біля меншого фланця, у більшому фланці $\sigma_i= 360-460$ МПа, у меншому $\sigma_i= 470-530$ МПа. Найбільша інтенсивність напружень спостерігається в

циліндричній частині витягнутої деталі і досягає величини 560 МПа, тут метал зміцнюється в 3,2 рази в порівнянні з вихідним станом.

Розподіл інтенсивності деформацій ε_i зображено на рис. 7. В донній частині витягнутої заготовки інтенсивність деформацій складає 0,008-0,013, на радіусі переходу донної частини в стінку $\varepsilon_i = 0,06-0,1$, в циліндричній частині ε_i від 0,26-0,45 зі сторони більшого фланця до 0,38-0,51 зі сторони меншого фланця, на радіусі переходу стінки і фланця $\varepsilon_i = 0,23-0,46$, в більшому фланці $\varepsilon_i = 0,08-0,29$ і у меншому $\varepsilon_i = 0,32-0,40$. Причому у більшому фланці ε_i розподілена нерівномірно, що може бути причиною складкоутворення при витягуванні. Максимальна величина інтенсивності деформацій складає 0,62 і спостерігається в циліндричній частині витягнутої деталі зі сторони меншого фланця.

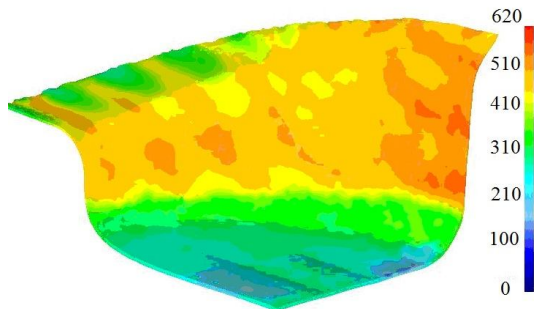


Рис. 6. Розподіл інтенсивності напружень σ_i

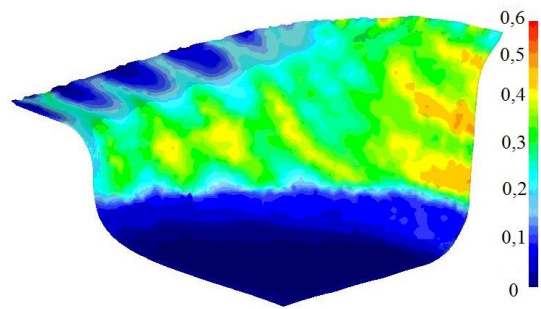


Рис. 7. Розподіл інтенсивності деформацій ε_i

Ступінь деформації може бути виражена через найбільшу відносну глибину витягування h/D [1]. Діаметр заготовки відомий з постановки задачі і складає 240 мм, значення глибин витягування візьмемо з результатів моделювання процесу холодного витягування з попередньо спрофільованої заготовки. Для характеристики глибини витягування h/D зведемо її складові до таблиці 1.

Таблиця 1 – Складові найбільшої відносної глибини витягування h/D .

Радіус заокруглення пуансона, мм	Глибина витягування, мм	Найбільша відносна глибини витягування h/D
6	27	0,113
8	27,5	0,115
10	28,75	0,12
12	26,25	0,109

Для кращої наглядності побудуємо графік залежності найбільшої відносної глибини витягування h/D від радіуса заокруглення витяжного пуансона для процесу холодного прямого витягування з попередньо спрофільованої заготовки, який наведено на рис. 8.

З аналізу залежності найбільшої відносної глибини витягування h/D від радіуса заокруглення витяжного пуансона для процесу холодного витягування з попередньо спрофільованої заготовки видно, що оптимальний радіус заокруглення витяжного пуансона складає 10 мм.

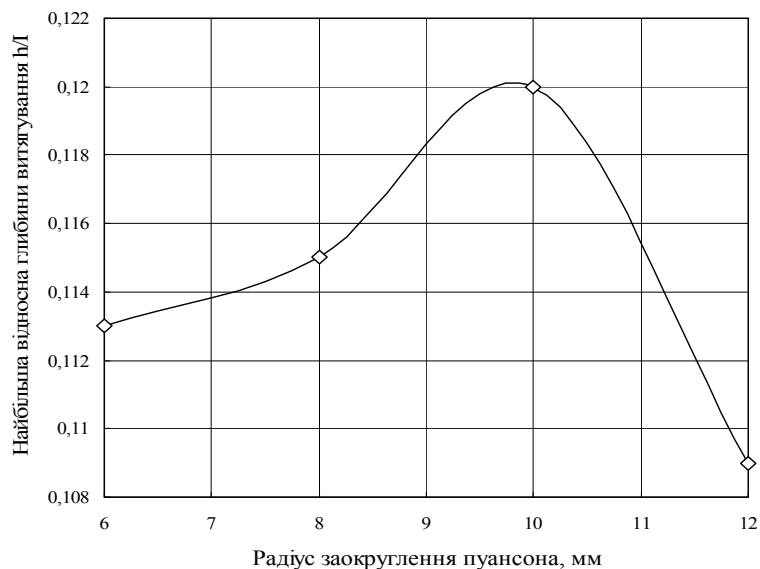


Рис. 8. Залежність найбільшої відносної глибини витягування h/D від радіуса заокруглення витяжного пуансона.

Використовуючи результати моделювання процесу холодного прямого витягування з попередньо зігнутої заготовки пуансонами з радіусами заокруглення 6 – 12 мм з попередньо спрофільованої заготовки були визначені максимальні величини зусилля деформування для даного процесу. На рис. 9. наведено залежність максимального зусилля витягування від радіуса заокруглення витяжного пуансона для процесу витягування з попередньо зігнутої заготовки.

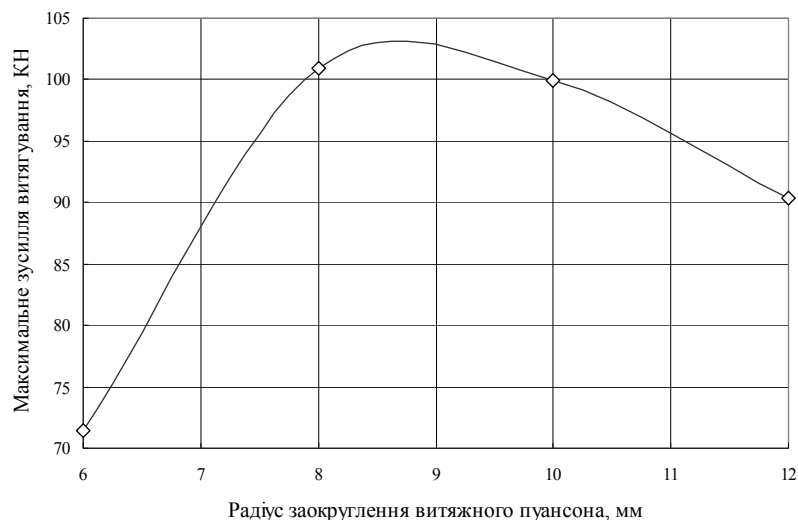


Рис. 9. Залежність максимального зусилля витягування від радіуса заокруглення витяжного пуансона

Мінімальне зусилля витягування спостерігається при використанні пуансона з радіусом заокруглення 6 мм, але цей пуансон продемонстрував незадовільну глибину втягування. Витяжний пуансон з радіусом заокруглення 10 мм показав середнє значення зусилля витягування та має найкращий показник найбільшої відносної глибини витягування h/D , яка в свою чергу характеризує ступінь деформації, тому використання пуансона з таким радіусом заокруглення є

оптимальним отримання деталі з заданими параметрами за допомогою процесу холодного витягування з попередньо спрофільованої заготовки.

З урахуванням отриманих даних моделюванням технологія виготовлення деталі „сідло” повинна включати наступні операції: вирубка циліндричної заготовки з листа; гнуття заготовки по відповідному радіусу; витягування; пробивання отвору в донній частині під відборткування; відборткування.

Висновки:

1. Створена скінченно-елементна модель операцій гнуття і подальшого витягування циліндричним пуансоном з урахуванням технологічної спадковості металу після гнуття.

2. Проведено моделювання процесів гнуття і подальшого витягування. Визначені максимальні розміри заготовок після витягування, які можливо отримати без руйнування. Встановлені зусилля витягування та розподіл використання ресурсу пластичності.

3. На основі результатів розрахункового аналізу обраний оптимальний радіус заокруглення витяжного пуансона для даної конфігурації деталі, який складає 10 мм.

Список літератури: 1. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке // В.П.Романовский; – 6-е изд., переаб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с. 2. Кроха В.А. Упрочнение металлов при холодной пластической деформации // В.А. Кроха; М.: Машиностроение, 1980. – 158 с. 3. Рудман Л.И. Справочник конструкторов штампов: Листовая штамповка // Под общ. ред. Л.И.Рудман; – М.: Машиностроение. 1988. – 496 с. 4. Матвеев А.Д. Ковка и штамповка: Справочник: В 4 т. Т. 4 Листовая штамповка // Под ред. А.Д. Матвеева; Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1985-1987. – 544 с. 5. Калюжний В.Л. Моделирование процесса вытяжки с утонением ступенчатым пуансоном заготовок из высокоуглеродистой стали. // В.Л. Калюжний, О.В. Калюжний, В.В. Піманов; Технологические системы. -2008.- №4 (44). - С. 75-79.

УДК 621.73(035)

КУХАРЬ В.В., канд. техн. наук, доц., ГВУЗ «ПГТУ», Мариуполь
БУРКО В.А., канд. техн. наук, доц., ГВУЗ «ПГТУ», Мариуполь

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ШТАМПОВКИ ПОКОВКИ «СОПЛО» ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОСАДКОЙ ЗАГОТОВКИ СО СВОБОДНЫМ ФОРМОИЗМЕНЕНИЕМ БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Выполнена количественная оценка и уточнена методика расчета бочкообразования при горячей осадке медных (М1) заготовок с диапазоном начальных отношений $D_0/H_0 = 0,511 \div 1,917$. На основе полученных данных усовершенствована технология штамповки поковки «Сопло», штампуемой из технической меди (М1), в результате чего масса исходной заготовки снижена на 5 %.

Виконана кількісна оцінка та уточнена методика розрахунку бочкоутворення при гарячому осаджуванні мідних заготовок (М1) із діапазоном початкових співвідношень $D_0/H_0 = 0,511 \div 1,917$. На підставі отриманих даних удосконалена технологія штампування поковки «Сопло», яка штампується з технічної міді (М1), у результаті маса вихідної заготовки знижена на 5 %.